

紅筋蟲的生物學特性

陳念慈、陳冠如、楊順德
水產試驗所淡水養殖研究中心

前言

紅筋蟲為搖蚊幼蟲之俗稱，搖蚊在分類上屬昆蟲綱、雙翅目 (Diptera)、搖蚊科 (Chironomidae)，廣泛分布於世界各地的河流、溪流、湖泊、水庫及池塘等淡水及具有鹽度的水域環境中，對環境耐受力高，從淡水到重污染的水域中都可見到其蹤跡，適應力強，大部分為水生，也有半陸生型與陸棲種類。搖蚊幼蟲能在低溶氧的環境中生存，因體內含有血紅素故體色多呈紅色，又被稱為紅蟲或赤蟲，是魚類與水生生物重要的天然餌料。目前記錄的搖蚊種類超過 10,000 種，我國已記錄的搖蚊有 34 屬 87 種，其中以素搖蚊屬 (*Polypedilum*) 及搖蚊屬 (*Chironomus*) 最為常見 (臺灣生物多樣性網路)。搖蚊外觀上與蚊子相似，但因成蟲時期的搖蚊其口器已高度退化，下顎萎縮，無法叮咬，為「不叮人的蚊子」。

搖蚊幼蟲體色及外型具誘引及適口性，且富含蛋白質 (約佔乾重 55%)、脂質與微量元素等，所含的幾丁質也比較低，易於消化吸收，能有效促進幼魚成長及部分種魚生殖表現，亦能增進魚體色澤表現。搖蚊幼蟲除了以活餌形式供應外，亦可做成冷凍或乾燥儲存，方便長期供應，最常被用於觀賞魚及蝦類的營養添加用或馴餌使用。除了提供餌料生物外，搖蚊幼蟲也作為生態、水質監測及毒理學研究，其物種組成與密度變化可做為評估水體污染與優養化程度的生物指標。目前臺灣搖蚊幼蟲主要仰賴野生採集，由於農業施作及排放

水標準提升等影響，可採集的自然族群數量逐漸減少，因此本中心擬藉由究明搖蚊的生活史及繁衍等生物學訊息，來建立人為量產的技術，對於水產養殖、環境監測及永續生物資源利用應均具有價值與推動意義。

天然餌料紅筋蟲

一、種原收集

搖蚊與病媒蚊生態習性相近，在研究初期觀察到水域環境常同時出現搖蚊與其他病媒蚊幼蟲，為避免病媒蚊孳生，本研究捕捉搖蚊種原 (圖 1) 在網室等封閉空間進行相關試驗，本研究觀察在黃昏時搖蚊群飛 (婚飛) 現象遠較清晨及其他時段更為顯著，此時網捕搖蚊的效果最佳。

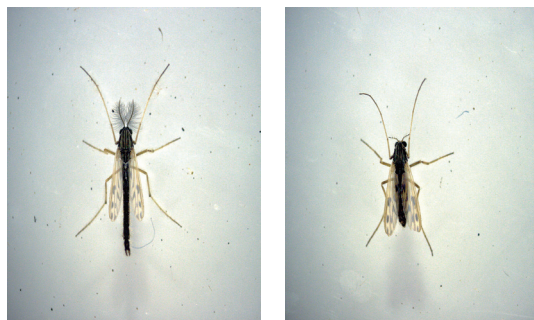


圖 1 搖蚊成蟲 (左：雄蚊；右：雌蚊)

二、生活史

為完全變態 (complete metamorphosis) 的昆蟲，生命週期歷經卵 (egg)、幼蟲 (larva)、蛹 (pupa) 及成蟲 (adult) 四個階段。生命活動範疇則函括兩個領域，即幼蟲與蛹期在水生環境，而成蟲經過變態羽化後，

則在空中活動。本研究觀察記錄搖蚊整個生活史約 30 天，各階段分別為卵期 (2 天)、幼蟲期 (12 - 22 天)、蛹期 (1 - 2 天)、成蟲期 (4 - 6 天)，其中可作為經濟利用的幼蟲期約佔整個生活中 65 - 70% 的時程 (圖 2)。

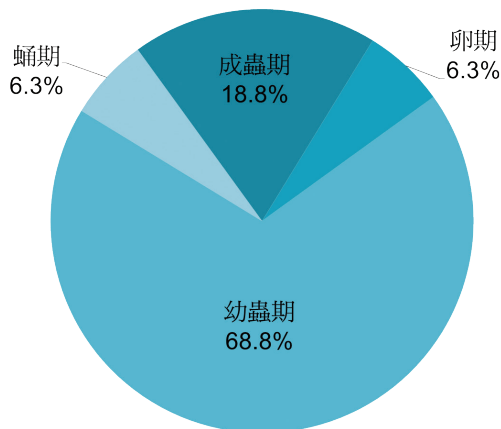


圖 2 搖蚊生命週期各階段時程比例

(一) 卵

多數搖蚊的卵 (除 *Telmatogetoninae* 亞科外)，是以膠狀卵塊形式產於水中，卵塊一端形成膠狀柄 (gelatinous peduncle) 具有黏性，可黏附於水域乾濕介面處或附著於物體表面漂浮。個別卵粒型態一般為橢圓形或腎形，在某些物種中，卵呈現角錐形；單一卵塊由數百至數千粒卵粒聚集而成，卵塊形狀因物種而異，有圓柱狀 (或棒狀)、線狀及鍊條狀等型態。本中心目前培養之搖蚊，成蟲產下的卵粒呈腎形，卵粒大小長徑約為 0.25 mm，短徑約為 0.09 mm，形態外觀如圓柱狀或棒狀之透明膠質卵塊 (圖 3)，黏附於水面，經收集 30 個卵塊分析，卵塊長度平均約為 10 mm (6.3 - 14.2 mm)，於顯微鏡下計算卵粒數，卵粒數平均為 400 粒 (232 - 590 粒)，推算卵塊長度 (x) 與卵粒數 (y) 關係式為 $y = 38.274x + 41.252$, $R^2 = 0.6985$ (圖 4)，結果顯示卵



圖 3 搖蚊卵塊

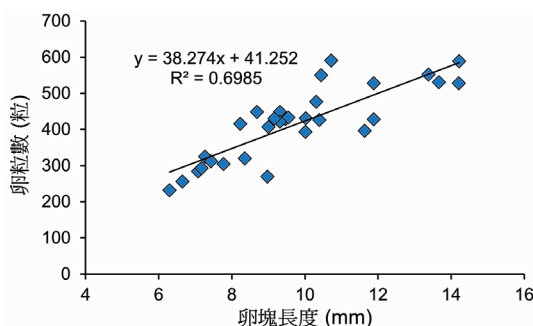


圖 4 搖蚊卵塊的長度與卵粒數

塊長度與卵粒數呈正相關 ($p < 0.05$)，卵塊長度越長，卵粒數隨之增加。由此結果推算每公分大小的卵塊約有 400 粒卵，可據此作為往後幼蟲養殖數量與密度之推估，常溫下卵粒約 2 天陸續孵化。根據文獻，搖蚊單一卵塊以 *Chironomus tentans* 卵數最多，約為 3,300 粒卵 (Karima, 2021)，遠高於本中心培育之搖蚊，顯見不同種間差異。

(二) 幼蟲

搖蚊幼蟲體型大小與體色因種而異，根據文獻一般幼蟲體長為 3 - 30 mm，大多數種類為 10 mm；體色則可呈現白色、黃色、紅色、綠色或褐色等 (王等, 2011)。幼蟲分四齡，剛孵化之幼蟲為 1 齡，在化蛹前通常經歷 3 次脫皮，每次為 1 齡期，共為四個齡期，可藉由幼蟲體長及頭囊寬度的變化，區分各齡期，其中以第 4 齡期持續時間最長 (Cedeño & Santos, 2020)；部分研

究者曾描述，整個搖蚊生命週期中 90% 為幼蟲期 (倪，2013)。本中心蒐集搖蚊卵塊孵化及幼蟲培育結果，在水溫 23 – 27°C 下，卵塊於 1 – 2 天即孵化，初孵化個體體長約 0.64 mm，體色近乎透明 (圖 5)，幼蟲體型呈圓柱狀，孵化不久後即開始築巢行定居生活，隨著生長歷經數次蛻皮，體色逐漸由淡紅轉為紅色乃至深紅色 (圖 6)，體長可達約 12 mm，幼蟲期至蛹期前約 12 – 22 天，推算佔整個生命週期約 69%，此於倪 (2013) 描述搖蚊生活史之佔比有所不同，此差異是否因種類、環境條件或其他因素則有待探討，以做為未來選育品種之參考。



圖 5 剛孵出的搖蚊幼蟲



圖 6 搖蚊幼蟲體呈紅色

(三) 蛹

蛹體型態呈逗點狀，在結構上，頭部與胸部融合，形成頭胸部 (cephalothorax)，這是搖蚊蛹的一個典型特徵，此時前端

長出一對羽狀白色的呼吸器官，稱為胸角 (thoracic horns) (Karima, 2021)，主要功能為氣體交換，體長略短於第 4 齡期幼蟲。多數搖蚊的蛹具有活動性，主要功能是使蛹體順利脫離外皮、促進呼吸與氧氣供應及上升至水面進行羽化。本中心培育的搖蚊幼蟲，在第 4 齡期體長可達 12 mm，化蛹後體長 7 mm，減少 42%，幼蟲成蛹後脫離巢穴，在底層擺動，蛹體顏色由鮮紅色逐漸變成褐色到黑褐色，最後靠近水面上羽化而出；蛹期相較於幼蟲期短暫，持續時間通常數小時到數天不等，本中心培育之搖蚊蛹，經 1 – 2 天即孵化。

(四) 成蟲

蛹孵化為成蟲後為空中生活的搖蚊，搖蚊具有明顯的性別二型性 (sexual dimorphism)，雄蚊觸角有蓬鬆羽狀外觀，腹部細長；雌蚊則是腹部短且膨大。羽化後的成蟲階段僅持續數天，進行交配繁殖後，很快就死亡。搖蚊通常在黃昏時段於水域附近，進行群飛 (swarm) 或婚飛的繁殖活動，其數量從數十隻到上千隻雄蚊組成的群體 (Neems, 1990)，會吸引雌蚊前來進行交尾，交尾後雌蚊飛離至水面產卵。本中心搖蚊種原在網室等封閉空間進行相關試驗，亦能觀察到群飛 (婚飛) 現象，且成蟲在配對產卵後很快死亡；經雌雄蚊分開觀察，未繁殖配對的成蟲平均活存約 4 – 6 天。

三、搖蚊幼蟲的生活習性與攝食行為

(一) 搖蚊幼蟲的生活習性

搖蚊幼蟲的生活習性因物種差異而呈現顯著多樣性，在孵化後的最初數小時內，幼蟲會以卵塊中的物質為食，隨後進入水中浮游生活階段；若為肉食種類者，不築巢，為自由生活型；有的種類會利用底質顆粒與

唾液分泌物，築巢成管狀結構的定居生活，屬於定棲型，巢穴可能是在石頭上、底部表層或其他基質上，有的甚至築巢在植物組織裡，幼蟲會探出頭來攝取食物或躲避的作用；亦有少數種類與其他水生動物呈共生或寄生關係。本中心目前培育的搖蚊幼蟲會構築管狀巢，屬於定棲型。

(二) 搖蚊幼蟲的攝食行為

水棲昆蟲攝食行為受不同物種、體型大小、食物性質及底質類型等多種因素影響，研究者將水棲昆蟲攝食的行為依攝食模式歸類為四大類功能性攝食群(柯, 2009)，包括採食者 (collector)、碎食者 (shredder)、刮食者 (scraper) 及捕食者 (predator)。

1. 採食者：

主要以細顆粒有機碎屑為食，此類包括聚集者及濾食者。(1) 聚集者 (gatherer)：攝食沉積的有機顆粒，常見於搖蚊亞科 (Chironominae) 及直突搖蚊亞科 (Orthocladiinae) 的幼蟲；(2) 濾食者 (filterer)：濾食水中懸浮的碎屑，例如 *Chironomus crassicaudatus* 為典型的濾食者。

2. 碎食者：

咀碎較大的有機顆粒，如水生大型藻類、植物葉片與木質碎片。例如，狹搖蚊屬 (*Stenochironomus*) 為典型碎食者。

3. 刮食者：

基質表面附著藻類或微生物薄膜為食。

4. 捕食者：

捕食活體動物組織，例如原生生物、寡毛類及其他搖蚊幼蟲，此類包括 (1) 吞噬者 (engulfer)：可攻擊並吞食整體獵物或其部分組織；(2) 穿刺者 (piercer)：穿刺其體表以吸取體液。主要由長足搖蚊亞科

(Tanypodinae) 的成員代表。

多數搖蚊幼蟲屬於採食者，但許多搖蚊幼蟲不只有單一攝食模式。目前觀察本中心培育的搖蚊幼蟲攝食模式屬於採食者中的聚集者，主要攝食水體底部的細顆粒有機碎屑，尚未觀察到濾食水中懸浮碎屑的樣態。

(三) 搖蚊幼蟲的營養階層

搖蚊幼蟲依營養階層可分類為食碎屑者、植食者、肉食者與雜食者，但整體而言，搖蚊幼蟲為機會主義性雜食者 (opportunistic omnivore)，能根據棲地條件靈活利用各類可得食物來源，對環境與食物展現高度的適應力。其主要攝食項目以碎屑為主，並伴隨多樣食物組成 (Berg, 1995; Kornijów et al., 2019)，包括 (1) 碎屑：由植物碎片、死亡動物殘骸及其經微生物分解後形成的有機物混合物組成；(2) 藻類及植物性物質：藍綠藻、綠藻、矽藻、花粉及真菌孢子等；(3) 動物性物質：原生動物、寡毛類與輪蟲殘體等；(4) 無機物：礦物顆粒。本中心培育的搖蚊幼蟲主要攝食水體底部細顆粒碎屑，似可利用各類可得食物來源，應屬機會主義性雜食者。

結語

本中心藉由釐清紅筋蟲之生活史、攝食行為與生理特性，建立適切的培育基質與營養管理模式，已初步完成搖蚊幼蟲之人工繁養殖技術。未來可穩定供應不同齡期之高品質生物餌料，以優化投餌管理並提升魚苗等水生生物之養殖成效；進一步結合環境調控與繁殖管理，發展具產業潛力之高效率、標準化繁殖模式，促進水產與水族產業之永續供應。